

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002164291 A**

(43) Date of publication of application: **07.06.02**

(51) Int. Cl.

H01L 21/205
H01L 21/027

(21) Application number: **2000361754**

(71) Applicant: **KYOCERA CORP**

(22) Date of filing: **28.11.00**

(72) Inventor: **SHIYOKU HIROSHI**

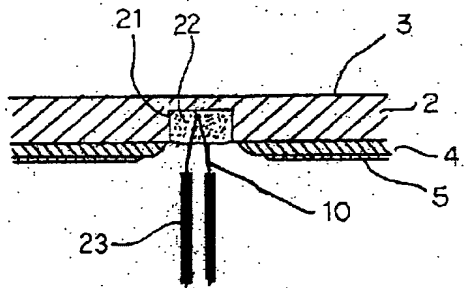
(54) **WAFER HEATING EQUIPMENT**

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the problem in a simple installation structure of a thermoelectric couple merely inserted into a heat equalizer plate to be used or controlling the temperature, that there is variation in measured temperature, and if the thermal capacity is increased to obtain better thermal uniformity, the response speed of temperature measurement is decreased.

SOLUTION: In the wafer heating equipment, one principal plane of the heat equalizer plate made of ceramic serves as a wafer mounting face, and a heater resistor is provided on the other principal plane of the heat equalizer plate or inside the plate, and a power supply section electrically connected to the heater resistor is provided on the other principal plane. The other principal plane of the heat equalizer plate is formed with a recessed part with a stipulate cross-section and depth, and the thermoelectric couple with a stipulated element wire diameter is inserted into the recessed part and then is bonded and fixed with a filler.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-164291

(P 2 0 0 2 - 1 6 4 2 9 1 A)

(43) 公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/205		H01L 21/205	5F045
21/027		21/30	567 5F046

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願2000-361754 (P 2000-361754)

(22) 出願日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72) 発明者 触 浩

鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内

Fターム(参考) 5F045 EK09 EK22 EM02 EM09 GB05

GB15

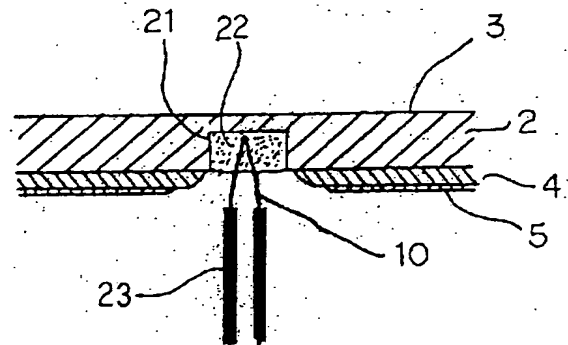
5F046 KA04 KA10

(54) 【発明の名称】 ウエハ加熱装置

(57) 【要約】

【課題】 ウエハ加熱装置における均熱板の温度調整用に使用する熱電対を均熱板に挿入しただけの取付構造では、測定温度がばらついたり、均熱を良くするために熱容量を大きくすると測温の応答速度が遅くなるくという問題があった。

【解決手段】 セラミックスからなる均熱板の一方の主面をウエハの載置面とし、他方の主面もしくは内部に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を前記他方の主面に具備してなるウエハ加熱装置において、前記均熱板の他方の主面に断面積、深さ、を規定した凹部を設け、素線径を規定した熱電対を挿入し、充填材で接着固定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】セラミックスからなる均熱板の一方の主面をウエハの載置面とし、他方の主面もしくは内部に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を前記他方の主面に具備してなるウエハ加熱装置において、前記均熱板の他方の主面に、開口部面積 $1.0\text{ mm}^2 \sim 30\text{ mm}^2$ 、深さ d が均熱板の厚み t に対し $t/4 \leq d \leq 3t/4$ となる凹部を具備し、素線径 $0.05 \sim 1.0\text{ mm}$ で、先端部に測温接点を備えた熱電対を上記凹部に挿入し、かつ充填材により接着固定したことを特徴とするウエハ加熱装置。

【請求項 2】前記熱電対の測温接点と凹部底面との距離 L が、 $0 \leq L \leq 1.0\text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載のウエハ加熱装置。

【請求項 3】前記凹部の底面部の面積が開口部の面積以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のウエハ加熱装置。

【請求項 4】前記凹部の底面部から開口部の間で部分的に開口部面積より大きな面積を有する部分があることを特徴とする請求項 1 に記載のウエハ加熱装置。

【請求項 5】上記熱電対を厚み $0.1 \sim 3\text{ mm}$ の樹脂により固定したことを特徴とする請求項 1 に記載のウエハ加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主にウエハを加熱するのに用いるウエハ加熱装置に関するものであり、例えば、半導体ウエハや液晶基板あるいは回路基板等のウエハ上に半導体薄膜を生成したり、前記ウエハ上に塗布されたレジスト液を乾燥焼き付けしてレジスト膜を形成するのに好適なものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、半導体製造装置の製造工程における、半導体薄膜の成膜処理、エッチング処理、レジスト膜の焼き付け処理等においては、半導体ウエハ（以下、ウエハと略す）を加熱するためにウエハ加熱装置が用いられている。

【0003】従来の半導体製造装置は、まとめて複数のウエハを成膜処理するバッチ式のものが使用されていたが、ウエハの大きさが 8 インチから 12 インチと大型化するにつれ、処理精度を高めるために、一枚ずつ処理する枚葉式と呼ばれる手法が近年実施されている。しかしながら、枚葉式にすると 1 回当たりの処理数が減少するため、ウエハの処理時間の短縮が必要とされている。このため、ウエハ支持部材に対して、ウエハの加熱時間の短縮、ウエハの吸着・脱着の迅速化と同時に加熱温度精度の向上が要求されていた。

【0004】このうちウエハ上へのレジスト膜の形成にあたっては、図 8 に示すような、窒化アルミニウムやアルミナ等のセラミックスからなる均熱板 32 の一方の主

面を、ウエハ W を載せる載置面 33 とし、他方の主面には絶縁層 34 を介して発熱抵抗体 35 および給電部 36 が設置され、さらに弾性体 38 により導通端子 37 が給電部 36 に押圧固定された構造のウエハ加熱装置 31 が用いられていた。そして、前記均熱板 32 は支持体 41 にボルト 47 により固定され、さらに均熱板 32 の内部には測温素子 40 が挿入され、これにより均熱板 32 の温度を所定の温度に保つように、導通端子 37 から発熱抵抗体 35 に供給される電力を調節するシステムとなっていた。また、導通端子 37 は、板状構造部 43 に絶縁層 39 を介して固定されていた。

【0005】そして、ウエハ加熱装置 31 の載置面 33 には、凹部 45 に挿入された支持ピン 44 が設置されており、ウエハ W を載置面 33 に載せた際にウエハ W が載置面 33 から非接触となるようにしている。そして、該支持ピン 44 上にレジスト液が塗布されたウエハ W を載せたあと、発熱抵抗体 35 を発熱させることにより、均熱板 32 を介して載置面 33 上のウエハ W を加熱し、レジスト液を乾燥焼付けしてウエハ W 上にレジスト膜を形成するようになっていた。

【0006】また、均熱板 32 を構成するセラミック材料としては、窒化物セラミックスまたは炭化物セラミックスが用いられていた。

【0007】また、図 9 に示す測温素子 64 の取付構造については、特開平 9-45752 号公報に、均熱板 62 の温度を正確に制御するために、測温素子 64 自体の熱引きによる影響を抑え、できるだけウエハ W に近いところで測温することが好ましいことが示されている。図 9 を用いて構造を説明すると、金属製の均熱板 62 のウエハ載置面 63 近傍に測温素子 64 が挿入されている。この測温素子 64 は、Pt からなる測温抵抗体 66 が保護管 65 の中に前記載置面 63 に対し平行となるように設置されリード線 67 が結線されている。さらに保護管 65 内の空所には伝熱セメント 68 が充填されている。特に、発熱抵抗体を分割制御する場合は、測定の正確さと同時に測定バラツキを管理しないと均熱板 62 の正確な温度制御ができなくなるので、このような取付構造とすることが好ましいとされていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のようなウエハ加熱装置において、図 9 に示すような測温素子 64 の取付構造では、測温素子 64 を均熱板 62 に挿入しただけであるため、測定温度がばらついたり、均熱を良くするために熱容量を大きくすると測温の応答速度が遅くなるくという問題があった。特に、発熱抵抗体を複数のブロックに分割して温度制御する場合、ブロック毎の測温素子 64 の測定温度がばらつくとブロック毎の制御が不均一となり、均熱板 62 の温度が一定になるまでに時間が掛かるという問題があった。

【0009】特に、近年半導体配線の微細化の為に用い

られるようになってきた化学増幅型レジストの熱処理に於いては、ウエハWを均熱板62上に差し替えした際に温度が安定するまでの過渡特性、ウエハ面内の温度バラツキが、露光後のレジストの化学増幅処理に極めて重要であり、従来に増して、緻密かつ応答性の良い温度制御が必要となってきた。しかしながら、図9に示されるような構造では、測温素子の測温体部に保護管や充填材など付帯し熱容量が大きくなる上に均熱板の凹部に挿入しただけの構造であるために空隙の存在による応答性の低下は避けられず、上記ウエハ加熱時の過渡的な温度バラツキや温度安定までにかかる時間などに問題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記の課題について鋭意検討した結果、セラミックスからなる均熱板の一方の主面をウエハの載置面とし、他方の主面もしくは内部に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を前記他方の主面に具備してなるウエハ加熱装置において、前記均熱板の他方の主面に、開口部面積 $1.0\text{mm}^2 \sim 30\text{mm}^2$ 、深さ d が均熱板の厚み t に対し $t/4 \leq d \leq 3t/4$ となる凹部を具備し、素線径 $0.05 \sim 1.0\text{mm}$ で、先端部に測温接点を備えた熱電対を上記凹部に挿入し、かつ充填材により接着固定することにより課題を解決できることを見出した。

【0011】また、前記熱電対の測温接点と凹部底面との距離 L を、 $0 \leq L \leq 1.0\text{mm}$ とすることにより更に改善することを見いだした。

【0012】また、前記凹部の底面部の面積を開口部の面積以上とすることにより、上記課題を更に改善することを見出した。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0014】図1は本発明に係るウエハ加熱装置1の一例を示す断面図で、炭化珪素、炭化硼素、窒化硼素、窒化珪素または窒化アルミニウムを主成分とするセラミックスからなる均熱板2の一方の主面を、ウエハWを載せる載置面3とするとともに、他方の主面にガラス又は樹脂等からなる絶縁層4を介して発熱抵抗体5を形成したものである。

【0015】発熱抵抗体5のパターン形状としては、円弧状の電極部と直線状の電極部とからなる略同心円状をしたものや渦巻き状をしたものなど、載置面3を均一に加熱できるパターン形状であれば良い。均熱性を改善するため、発熱抵抗体5を複数のパターンに分割することも可能である。

【0016】また、発熱抵抗体5には、金や銀、パラジウム、白金等の材質からなる給電部6が形成され、該給電部6に導通端子7を弾性体8を介して押圧固定するこ

とにより、導通が確保されている。

【0017】さらに、均熱板2と支持体11の外周にボルト17を貫通させ、均熱板2側より弾性体8、座金18を介在させてナット19を螺着することにより支持体11に弾性的に固定している。これにより、均熱板2の温度を変更したり載置面3にウエハを載せ均熱板2の温度が変動した場合に支持体11変形が発生しても、上記弾性体8によってこれを吸収し、これにより均熱板2の反りを防止し、ウエハW加熱におけるウエハW表面に温度分布が発生することを防止できる。

【0018】また、支持体11は複数の層から構成された板状構造体13と側壁部からなり、該板状構造体13には発熱抵抗体5に電力を供給するための導通端子7が絶縁材9を介して設置され、不図示の空気噴射口や熱電対保持部が形成されている。

【0019】さらに、図2～7を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。図2は、均熱板2を発熱抵抗体5側から見た平面図であり、均熱板2には各発熱抵抗体5ブロックの内部に熱電対10を保持する部分に凹部21が形成されている。そして、該凹部21には、図3に示すように熱電対10の測温部を配置し、充填材22等により充填保持されている。

【0020】熱電対10の材質については、Pt/Rh-Pt/Rh系、Pt/Rh-Pt系、Ni/Cr/Si-Ni/Si/Mg系、Ni/Cr-Al/Mn系、Ni/Cr-Cu/Ni系、Cu-Cu/Ni系、W-Re系等が使用可能であり、使用雰囲気や温度に対して適切なものを選定すればよい。例えば、大気中300℃以下で用いるような場合には、Ni/Cr-Al/Mn系やPt/Rh-Pt系やNi/Cr-Cu/Ni系等が望ましく、還元性雰囲気下においては、Fe-Cu/Ni系等が望ましい。

【0021】また、図4(a)、(b)に示すように、熱電対10の先端部には、測温接点10bが形成されている。測温接点10bは、測温検知のバラツキを小さくするために、レーザー溶接等により溶融接合し均一な形状で形成することが望ましい。測温接点以降については、素線同士の接触による測温障害を防止するために適当な角度で引き出されているが、測温接点10b以外からの受熱を避けるため凹部12に接触しない程度の角度にすることが望ましい。

【0022】また、素線同士の接触による測温障害を防ぐ為、測温接点以降は適当な角度をつけて、素線同士が接触しないように設置することも重要である。また、素線自体に樹脂コート・ガラスコート・セラミックコート等の絶縁材料をコーティングしたものをを用いることも有効である。また、必要に応じて、充填保持部以降に絶縁スリーブ等を用いても良い。

【0023】また、充填材22で保持していない部分については、絶縁性のスリーブ23等で保護することが望

10

20

30

40

50

ましい。また、素線自体にもガラスコートやセラミックコート等の絶縁被覆を施したものを使用することも可能である。

【0024】図5に各部の詳細を示す。

【0025】前記凹部21の開口部の面積は、 $1\text{mm}^2 \sim 30\text{mm}^2$ とすることが望ましい。該凹部21の開口部の面積が 1mm^2 より小さいと熱電対10の設置及び充填材22の充填にムラが生じ易く測温がばらついてしまう。また、 30mm^2 より大きいと、発熱抵抗体5間のギャップが大きくなり、ウエハW表面の温度分布が大きくなるので好ましくない。

【0026】また、凹部21の深さdは、均熱板2の厚みtに対し $1/4t \leq d \leq 3/4t$ とすることが望ましい。該深さdが $1/4t$ より小さいとウエハ載置面との距離が大きくなるため測温にずれが生じ、ウエハを目的の温度に昇温させられない。また、 $3/4t$ より大きくなると逆に温度のオーバーシュートが大きくなりすぎるため望ましくない。

【0027】更に、凹部21に挿入設置する熱電対10の素線径は、 $0.05\text{mm} \sim 1.0\text{mm}$ 、さらに好ましくは $0.1 \sim 0.5\text{mm}$ とすることが望ましい。素線径が 0.05mm より細いと、強度がなく取り扱いが安定しない為、該凹部21への組み付けの際に位置ずれを起こし易く安定した設置が行えず好ましくない。また、 1.0mm より太いと、熱電対10自体の熱容量が大きくなりすぎる為、素線を通しての熱引きが大きくなり温度検知に遅れが生じ、オーバーシュートが大きくなり過ぎるため好ましくない。

【0028】また、熱電対として、 $0.5\text{mm}\phi$ 以下の外径のシース型熱電対を上記のような方法で固定することも可能である。

【0029】更に、凹部21に熱電対10を保持するために用いる充填材22は、主成分がアルミナ系、窒化アルミ系、グラファイト系、ジルコニア系等、窒化硼素系の無機系接着剤や主成分がポリイミド系等の有機系接着剤のいずれを用いてもよいが、使用温度や環境に応じて適切なものを選択して使用する。選択基準としては均熱板2との濡れ性、熱膨張率が重要であり、熱膨張率については、均熱板2の熱膨張係数に対して $50\% \sim 200\%$ の範囲のものがより望ましい。また、充填については、充填後常温でしばらく放置し脱泡を行うなどして、気泡の巻き込みが生じないように充填することが望ましい。

【0030】また、充填材22として樹脂を用いた場合、粉末を分散したタイプの充填材22に比べ流動性があるので、充填時の作業性がよくなる。また、高熱伝導性かつ電気絶縁性のフィラーを分散させると、熱伝導性も改善できる。樹脂の種類としては、ポリイミド、ポリイミドアミド、ポリアミドイミド等の耐熱温度が 300°C 以上の樹脂を用いることが好ましい。これに対し、耐

熱温度が 200°C 以下のエポキシ樹脂、シリコン樹脂等を用いた場合、固着強度は高いが使用中に樹脂が炭化して脆くなり、熱電対が剥離して正確な温度が測定できなくなる。

【0031】また、上記のような樹脂を用いる場合、図6(b)に示すように厚みtを $0.1 \sim 3\text{mm}$ とすることが好ましい。該厚みtが 3mm を越えると、樹脂を硬化させるときの収縮により樹脂からなる充填材22が剥離したり、硬化中に樹脂が結晶化してイミド化が不完全となり劣化しやすくなるので好ましくない。また、 0.1mm 以下では、樹脂膜の強度が不足して、使用中の熱サイクルにより熱電対が外れてしまう。

【0032】また、凹部21の底面と熱電対10の測温接点10bとの距離Lが、 $0 \leq L \leq 1.0\text{mm}$ であることがより望ましい。距離Lが 1mm をこえると温度検知の応答性が遅れオーバーシュートが大きくなるが、 1.0 以下とすることで、オーバーシュートがより小さくなる。

【0033】また、凹部21の形状は、図6(b)に示すように底面部の面積S1を開口部の面積S2以上とすることが望ましい。もし、図6(a)に示すように底面部の面積S1が開口部の面積S2よりも小さいと、昇温降温の繰り返しにより、均熱板2と充填材22の熱膨張差により充填材22が抜ける方向に動き、温度検知が鈍くなりオーバーシュートが大きくなってしまう。

【0034】あるいは、図7に示すように、凹部21の底面部から開口部の間に開口部より面積の大きい段部23を形成しておくこともできる。また、図7には、段部23が凹面になった例を示したが、段部23は、凸面であっても構わない。このように加工すれば、段部23が充填材のアンカーの作用をし、充填材22が外れてしまうような不具合を防止できる。

【0035】なお、発熱抵抗体5を複数のゾーンに分割して温度制御する場合は、ゾーンの数に応じて、熱電対10の数を増やすことが好ましい。これにより、ウエハWの温度をより実温に近い値に制御することが可能となる。また、この場合は特に、熱電対10の個々の設置条件を均一にする必要がある。これは、個々の熱電対10間の温度検知がばらつくと、個々の発熱抵抗体5ブロックの制御がばらつき、昇温過渡時のウエハの温度分布に悪影響を与えるためである。

【0036】さらに、図1において、金属製の支持体11は、側壁部と板状構造体13を有し、該板状構造体13には、その面積の $5 \sim 50\%$ にあたる開口部が形成されている。また、該板状構造体13には、必要に応じて他に、均熱板2の発熱抵抗体5に給電するための給電部6と導通するための導通端子7、均熱板2を冷却するためのガス噴出口、均熱板2の温度を測定するための熱電対10を設置する。

【0037】また、不図示のリフトピンは支持体11内

に昇降自在に設置され、ウエハWを載置面3上に載せたり、載置面3より持ち上げるために使用される。そして、このウエハ加熱装置1により半導体ウエハWを加熱するには、不図示の搬送アームにて載置面3の上方まで運ばれたウエハWをリフトピンにより支持したあと、リフトピンを降下させてウエハWを載置面3上に載せる。次に、給電部6に通電して発熱抵抗体5を発熱させ、絶縁層4及び均熱板2を介して載置面3上のウエハWを加熱する。

【0038】このとき、本発明によれば、均熱板2を炭化珪素質焼結体、炭化硼素質焼結体、窒化硼素質焼結体、窒化珪素質焼結体、もしくは窒化アルミニウム質焼結体により形成してあることから、熱を加えても変形が小さく、板厚を薄くできるため、所定の処理温度に加熱するまでの昇温時間及び所定の処理温度から室温付近に冷却するまでの冷却時間を短くすることができ、生産性を高めることができるとともに、 $60\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の熱伝導率を有することから、薄い板厚でも発熱抵抗体5のジュール熱を素早く伝達し、載置面3の温度ばらつきを極めて小さくすることができる。しかも、大気中の水分等と反応してガスを発生させることもないため、半導体ウエハW上へのレジスト膜の貼付に用いたとしても、レジスト膜の組織に悪影響を与えることがなく、微細な配線を高密度に形成することが可能である。

【0039】ところで、このような特性を満足するには、均熱板2の板厚を $1\text{ mm}\sim 7\text{ mm}$ とすることが良い。これは、板厚が 1 mm 未満であると、板厚が薄すぎるために温度ばらつきを平準化するという均熱板2としての効果が小さく、発熱抵抗体5におけるジュール熱のばらつきがそのまま載置面3の温度ばらつきとして現れるため、載置面3の均熱化が難しいからであり、逆に板厚が 7 mm を越えると、均熱板2の熱容量が大きくなり過ぎ、所定の処理温度に加熱するまでの昇温時間や温度変更時の冷却時間が長くなり、生産性を向上させることができないからである。

【0040】また、以上詳述した本発明のウエハ加熱装置1において、図1に示すように、均熱板2の表面に、絶縁層4を介して発熱抵抗体5を形成し、発熱抵抗体5を露出させてあることから、使用条件等に合わせて載置面3の温度分布が均一となるように、発熱抵抗体5にトリミングを施して抵抗値を調整することもできる。

【0041】また、均熱板2を形成するセラミックスとしては、炭化珪素、炭化硼素、窒化硼素、窒化珪素、窒化アルミニウムのいずれか1種以上を主成分とするものを使用することができる。炭化珪素質焼結体としては、主成分の炭化珪素に対し、焼結助剤として硼素(B)と炭素(C)を含有した焼結体や、主成分の炭化珪素に対し、焼結助剤としてアルミナ(Al_2O_3)とイットリア(Y_2O_3)を含有し $1900\sim 2200^\circ\text{C}$ で焼成した焼結体を用いることができ、また、炭化珪素は α 型を主体

とするもの、あるいは β 型を主体とするもののいずれであっても構わない。

【0042】また、炭化硼素質焼結体としては、主成分の炭化硼素に対し、焼結助剤として炭素を $3\sim 10$ 重量%混合し、 $2000\sim 2200^\circ\text{C}$ でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。

【0043】そして、窒化硼素質焼結体としては、主成分の窒化硼素に対し、焼結助剤として $30\sim 45$ 重量%の窒化アルミニウムと $5\sim 10$ 重量%の希土類元素酸化物を混合し、 $1900\sim 2100^\circ\text{C}$ でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。窒化硼素の焼結体を得る方法としては、他に硼珪酸ガラスを混合して焼結させる方法があるが、この場合熱伝導率が著しく低下するので好ましくない。

【0044】また、窒化珪素質焼結体としては、主成分の窒化珪素に対し、焼結助剤として $3\sim 12$ 重量%の希土類元素酸化物と $0.5\sim 3$ 重量%の Al_2O_3 、さらに焼結体に含まれる SiO_2 量として $1.5\sim 5$ 重量%となるように SiO_2 を混合し、 $1650\sim 1750^\circ\text{C}$ でホットプレス焼成することにより焼結体を得ることができる。ここで示す SiO_2 量とは、窒化珪素原料中に含まれる不純物酸素から生成する SiO_2 と、他の添加物に含まれる不純物としての SiO_2 と、意図的に添加した SiO_2 の総和である。

【0045】また、窒化アルミニウム質焼結体としては、主成分の窒化アルミニウムに対し、焼結助剤として Y_2O_3 や Yb_2O_3 等の希土類元素酸化物と必要に応じて CaO 等のアルカリ土類金属酸化物を添加して十分混合し、平板状に加工した後、窒素ガス中 $1900\sim 2100^\circ\text{C}$ で焼成することにより得られる。

【0046】これらの焼結体は、その用途により材質を選択して使用する。例えば、レジスト膜の乾燥に使用する場合は、窒化物は水分と反応してアンモニアガスを発生し、これがレジスト膜に悪影響を及ぼすので使用できない。また、 800°C 程度の高温で使用する可能性のあるCVD用のウエハ加熱装置の場合は、ガラスを多く含む窒化硼素系の材料は、均熱板2が使用中に変形してしまい均熱性が損なわれてしまう可能性がある。

【0047】さらに、均熱板2の載置面3と反対側の主面は、ガラスや樹脂からなる絶縁層4との密着性を高める観点から、平面度 $20\mu\text{m}$ 以下、面粗さを中心線平均粗さ(Ra)で $0.1\mu\text{m}\sim 0.5\mu\text{m}$ に研磨しておくことが好ましい。

【0048】一方、炭化珪素質焼結体を均熱板2として使用する場合、多少導電性を有する均熱板2と発熱抵抗体5との間の絶縁を保つ絶縁層4としては、ガラス又は樹脂を用いることが可能であり、ガラスを用いる場合、その厚みが $100\mu\text{m}$ 未満では耐電圧が 1.5 kV を下回り絶縁性が保てず、逆に厚みが $500\mu\text{m}$ を越えると、均熱板2を形成する炭化珪素質焼結体や窒化アルミ

ニウム質焼結体との熱膨張差が大きくなり過ぎるために、クラックが発生して絶縁層4として機能しなくなる。その為、絶縁層4としてガラスを用いる場合、絶縁層4の厚みは $100\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ の範囲で形成することが好ましく、望ましくは $150\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ の範囲で形成することが良い。

【0049】炭化珪素質焼結体からなる均熱板2の表面に絶縁層4を形成する場合、予め表面を酸化処理することにより、 $0.01\sim 2\mu\text{m}$ 厚みの SiO_2 からなる酸化膜12を形成したのち、さらにその表面に絶縁層4を形成するまた、均熱板2を、窒化アルミニウムを主成分とするセラミック焼結体で形成する場合は、均熱板2に対する発熱抵抗体5の密着性を向上させるために、ガラスからなる絶縁層4を形成する。ただし、発熱抵抗体5の中に十分なガラスを添加し、これにより十分な密着強度が得られる場合は、省略することが可能である。

【0050】次に、絶縁層4に樹脂を用いる場合、その厚みが $30\mu\text{m}$ 未満では、耐電圧が 1.5kV を下回り、絶縁性が保てなくなるとともに、発熱抵抗体5にレーザー加工等によってトリミングを施した際に絶縁層4を傷付け、絶縁層4として機能しなくなり、逆に厚みが $400\mu\text{m}$ を越えると、樹脂の焼付け時に発生する溶剤や水分の蒸発量が多くなり、均熱板2との間にフクレと呼ばれる泡状の剥離部ができ、この剥離部の存在により熱伝達が悪くなるため、載置面3の均熱化が阻害される。その為、絶縁層4として樹脂を用いる場合、絶縁層4の厚みは $30\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ の範囲で形成することが好ましく、望ましくは $60\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ の範囲で形成することが良い。

【0051】また、絶縁層4を形成する樹脂としては、 200°C 以上の耐熱性と、発熱抵抗体5との密着性を考慮すると、ポリイミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、ポリアミド樹脂等が好ましい。

【0052】なお、ガラスや樹脂から成る絶縁層4を均熱板2上に被着する手段としては、前記ガラスペースト又は樹脂ペーストを均熱板2の中心部に適量落とし、スピンコーティング法にて伸ばして均一に塗布するか、あるいはスクリーン印刷法、ディッピング法、スプレーコーティング法等にて均一に塗布したあと、ガラスペーストにあっては、 600°C の温度で、樹脂ペーストにあっては、 300°C 以上の温度で焼き付ければ良い。また、絶縁層4としてガラスを用いる場合、予め炭化珪素質焼結体又は炭化硼素質焼結体から成る均熱板2を 1200°C 程度の温度に加熱し、絶縁層4を被着する表面を酸化処理しておくことで、ガラスから成る絶縁層4との密着性を高めることができる。

【0053】さらに、絶縁層4上に被着する発熱抵抗体5としては、金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)等の金属単体を、蒸着法やメッキ法にて直接被着するか、あるいは前記金属単体や酸化レニウ

ム(Re_2O_3)、ランタンマンガネート(LaMnO_3)等の酸化物を導電材として含む樹脂ペーストやガラスペーストを用意し、所定のパターン形状にスクリーン印刷法等にて印刷したあと焼付けて前記導電材を樹脂やガラスから成るマトリックスで結合すれば良い。マトリックスとしてガラスを用いる場合、結晶化ガラス、非晶質ガラスのいずれでも良いが、熱サイクルによる抵抗値の変化を抑えるために結晶化ガラスを用いることが好ましい。

【0054】ただし、発熱抵抗体5に銀又は銅を用いる場合、マイグレーションが発生する恐れがあるため、このような場合には、発熱抵抗体5を覆うように絶縁層4と同一の材質もしくは発熱抵抗体5のマトリックス成分と同等の材質から成る保護膜を $30\mu\text{m}$ 程度の厚みで被覆しておけば良い。

【0055】また、発熱抵抗体5を内蔵するタイプの均熱板2に関しては、熱伝導率が高く電気絶縁性が高い窒化アルミニウム質焼結体を用いることが好ましい。この場合、窒化アルミニウムを主成分とし焼結助剤を適宜含有する原料を十分混合したのち円盤状に成形し、その表面にWもしくはWCからなるペーストを発熱抵抗体5のパターン形状にプリントし、その上に別の窒化アルミニウム成形体を重ねて密着した後、窒素ガス中 $1900\sim 2100^\circ\text{C}$ の温度で焼成することにより発熱抵抗体5を内蔵した均熱板2を得ることが出来る。また、発熱抵抗体5からの導通は、窒化アルミニウム質基材にスルーホール19を形成し、WもしくはWCからなるペーストを埋め込んだ後焼成するようにして表面に電極を引き出すようにすれば良い。また、給電部6は、ウエハWの加熱温度が高い場合、Au、Ag等の貴金属を主成分とするペーストを前記スルーホール19の上に塗布し $900\sim 1000^\circ\text{C}$ で焼き付けることにより、内部の発熱抵抗体5の酸化を防止することができる。

【0056】上記絶縁層4を形成するガラスの特性としては、結晶質又は非晶質のいずれでも良く、例えばレジスト乾燥用を使用する場合、耐熱温度が 200°C 以上でかつ $20^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ の温度域における熱膨張係数が均熱板2を構成するセラミックスの熱膨張係数に対し $-5\sim +5\times 10^{-1}/^\circ\text{C}$ の範囲にあるものを適宜選択して用いることが好ましい。即ち、熱膨張係数が前記範囲を外れたガラスを用いると、均熱板2を形成するセラミックスとの熱膨張差が大きくなりすぎるため、ガラスの焼付け後の冷却時において、均熱板2に反りが発生したり、クラックや剥離等の欠陥が生じ易いからである。

【0057】

【実施例】実施例 1

熱伝導率が $80\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ の炭化珪素質焼結体に研削加工を施し、板厚 4mm 、外径 230mm の円盤状をした均熱板2を複数製作し、各均熱板2の一方の主面に絶縁層4を被着するため、ガラス粉末に対してバインダーと

してのエチルセルロースと有機溶剤としてのテルピネオールを混練して作製したガラスペーストをスクリーン印刷法にて敷設し、150℃に加熱して有機溶剤を乾燥させたあと、550℃で30分間脱脂処理を施し、さらに700～900℃の温度で焼き付けを行うことにより、ガラスからなる厚み200μmの絶縁層4を形成した。次いで絶縁層4上に発熱抵抗体5を被着するため、導電材としてAu粉末とPt粉末を添加したガラスペーストを、スクリーン印刷法にて所定のパターン形状に印刷したあと、150℃に加熱して有機溶剤を乾燥させ、さらに550℃で30分間脱脂処理を施したあと、700～900℃の温度で焼き付けを行うことにより、厚みが50μmの発熱抵抗体5を形成した。発熱抵抗体5は中心部と外周部を周方向に4分割した5パターン構成とした。しかるのち発熱抵抗体5に給電部6を導電性接着剤にて固着させることにより、均熱板2を製作した。

【0058】また、支持体11は、主面の3.0%に開口部を形成した厚み2.5mmのステンレスからなる2枚の板状構造体13を準備し、この内の1枚に、10本の導通端子7を所定の位置に形成し、同じくステンレスからなる側壁部とネジ締めにて固定して支持体11を準備した。

【0059】その後、前記支持体11の上に、発熱パターン形成部の略中央部に該凹部21を形成し、熱電対10を設置し、無機系の充填材で保持固定した均熱板2を重ね、その外周部を弾性体8を介してネジ締めすることにより図1に示した本発明のウエハ加熱装置1とした。

【0060】また、窒化アルミニウムを主成分とし、焼結助剤として5重量%のY₂O₃を含有する1mmのグリーンシートを5枚積層して5mmにしたグリーンシート上に、WCからなる発熱抵抗体5を所望の形状に形成し、その上に電極引出部となるWCからなるペーストを充填したビアホールを形成した別のグリーンシートを5mm分重ねて密着したものから円盤状の生成形体を切り出し、これを窒素ガス中800℃で脱脂したのち、1900～2100℃で焼成して円盤状の窒化アルミニウムからなる均熱板2を得た。

【0061】そして、転写法により金ペーストからなる給電部6を形成し、900℃で焼き付け処理した。その後、発熱パターンの略中央部に該凹部21を形成し、熱

電対10を設置し、無機系充填材で保持固定した均熱板2をバネを有する導通端子7を装着した支持体11にその外周部を弾性体8を介してネジ締めした。

【0062】ここで、該凹部21の開口部の面積を0.8mm²～40mm²の範囲で、該凹部21の深さdを均熱板2の厚みtに対して、 $t/5 \leq d \leq 4t/5$ の範囲で、熱電対素線径を0.05mm～1.0mmの範囲で、更に該凹部21の底面から熱電対10の測温接点との距離Lを0～1.5mmの範囲で、それぞれ振り分けて、本発明および比較用のウエハ加熱装置1を作製した。

【0063】そして、このようにして得られた本発明実施例及び比較例の20種類のウエハ加熱装置1の導通端子7に通電して250℃で保持し、載置面3の上に載せたウエハ表面の温度分布を中心とウエハ半径の1/2の周上の6分割点6点の合計7点の温度バラツキが1℃以内となるように温度コントローラーの設定温度を各発熱パターンの制御チャンネル毎に補正し、その設定バラツキを確認した。また、150℃でも同様の設定温度の補正を行い、ウエハを外し加熱装置のみで60分以上保持した後、常温に維持されたウエハWを、加熱装置に投入、載置面3に載せた瞬間から150℃に安定するまでのウエハWのオーバーシュート、および150±0.5℃に安定するまでの昇温安定時間を過渡性能評価として、各サンプル5回づつ計測し、その最大値を測定値とした。

【0064】評価基準としては、ウエハ温度250℃時の設定温度バラツキが5℃以下のものをOKとし、それ以上となるものはNGとした。また、過渡性能評価については、オーバーシュートは1.5℃以下をOKとし、それ以上をNGとした。更に、昇温安定時間については、30～50秒で150±0.5℃に安定するものをOKとし、安定後の温度が149.5℃未満となったり、150.5℃を越えてしまうもの、および150±0.5℃に安定するものの50秒以上かかってしまうものをNGとした。

【0065】それぞれの結果は表1に示す通りである。

【0066】

【表1】

10

20

30

40

No.	均熱版	凹部開口部断面積 [mm ²]	凹部深さ [-]	熱電対素線径 [mm]	L [mm]	設定バラツキ [°C]	オーバーシュート [°C]	昇温安定時間 [sec.]	評価
1*	AIN	0.8	2t/3	0.2	0.3	6.3	3.5	—	x
2	AIN	1	2t/3	0.2	0.3	4.5	0.8	33	○
3*	AIN	3	t/5	0.2	0.3	2.9	0	—	x
4	AIN	3	t/4	0.2	0.3	2.6	0	48	○
5	AIN	3	t/2	0.2	0.3	1.9	0.1	43	◎
6	AIN	3	2t/3	0.05	0.3	1.8	0.2	45	◎
7	AIN	3	2t/3	0.2	0	1.7	0.2	43	◎
8	AIN	3	2t/3	0.2	0.3	1.5	0.3	37	◎
9	SiC	3	2t/3	0.2	0.3	1.5	0.3	37	◎
10	AIN	3	2t/3	0.2	0.7	1.6	0.6	35	◎
11	AIN	3	2t/3	0.2	1.0	2.4	0.7	32	◎
12	AIN	3	2t/3	0.2	1.5	3.8	1.3	30	○
13	AIN	3	2t/3	0.5	0.3	2.6	1.2	32	○
14	AIN	3	2t/3	0.7	0.3	3.8	1.3	32	○
15	AIN	3	2t/3	1.0	0.3	4.3	1.6	30	○
16*	AIN	3	2t/3	1.5	0.3	5.2	2.9	—	x
17	AIN	3	3t/4	0.2	0.3	1.7	0.5	34	◎
18*	AIN	3	4t/5	0.2	0.3	1.6	1.6	29	x
19	AIN	10	2t/3	0.2	0.3	1.9	1.0	31	◎
20	AIN	20	2t/3	0.2	0.3	2.9	1.2	32	○
21	AIN	30	2t/3	0.2	0.3	3.7	1.5	30	○
22*	AIN	40	2t/3	0.2	0.3	7.8	1.8	—	x

*は、本発明の請求範囲外である。

【0067】表1から判るように、No. 1に示す比較例のウエハ加熱装置1は、設定バラツキ、オーバーシュートも大きく、昇温は150±0.5℃を越えて安定しなかった。これは、該凹部21の開口部断面積が小さすぎて、熱電対10の保持にバラツキが生じやすく、また20 充填材が均一に充填されにくいためと考えられる。

【0068】また、No. 20については、該凹部21の開口部断面積が大きくなりすぎるとは発熱パターンのギャブが大きくなりすぎて、ウエハWの均熱性がくずれやすく、設定値のバラツキが大きくなり、オーバーシュートも大きくなった。

【0069】更に、No. 3については、設定バラツキは基準値内に収り、オーバーシュートは発生しなかったが、検知部が発熱抵抗体5に近いために、検知の応答性が敏感すぎて、早切れ状態となり、目標温度に到達しないまま収束してしまった。30

【0070】また、No. 16については、検知部がウエハWの載置面3に近すぎて、応答性が若干遅れるため、オーバーシュートが若干ではあるが、規定を越えてしまった。

【0071】更に、No. 17については、設定バラツキは基準値内に収まったが、オーバーシュートが大きくなり、目標温度範囲を越えて、より高い温度で収束した。これは、熱電対10の素線径が太すぎて熱容量が大きくなり、温度検知の応答性が鈍くなったためと考えら 40 れる。

【0072】これに対し、本特許の請求範囲内で作製されたウエハ加熱装置1であるNo. 2、4～13、15、17～19については、いずれも目標値をクリアしている。

【0073】更に望ましくは、該凹部21の底面と該熱電対10の測温接点との距離Lを、0mm≤L≤1.0mmとすることにより、設定バラツキ及びオーバーシュートが基準値の半分以下に押さえられることが判った。

【0074】実施例 2

ここでは、熱電対10を設置する凹部21の形状について検討した。具体的には、図6(a)に示すように、凹部21の底部の断面積S1に対し開口部の断面積S2が大きくなるウエハ加熱装置1と、図6(b)に示すように、凹部21の底部の断面積S1に対し開口部の断面積S2が小さくなるように形成したウエハ加熱装置1を作製して評価した。その他の部分は、実施例1と同様にし 5 て作製した。

【0075】一般的にセラミック基板に止まり穴加工を施す場合、どうしても底部にR形状が付いてしまうため、ここでいう底部の面積S1とは該底Rが無いものとして、穴側面の延長上で計算された面積である。同様に開口部の面積S2についても、開口部のC面やR面を除外して、穴側面の延長上で計算された面積である。

【0076】これらのサンプル及びNo. 8のサンプルを常温から250℃の昇温サイクルを繰り返し3000サイクル経過後に、実施例1と同様に、250℃設定バラツキ、150℃オーバーシュート、昇温安定性を評価した。

【0077】昇温サイクル前の結果を基準として、昇温サイクル後の結果が、50%以上変化しているものをNG、50%以内であるものをOKとした。

【0078】結果を表2に示した。

【0079】

【表2】

No.	均熱板	開口部側面積S2 [mm ²]	底部側面積S1 [mm ²]	熱電対素線径 [mm]	L [mm]	3000サイクル後		
						設定バラツキ 変化量[%]	オーバーシュート 変化量[%]	昇温安定時間 変化量[%]
30	AlN	3	3	0.2	0.3	+20	+33	-6
31	AlN	3	2.2	0.2	0.3	+73	+200	-14
32	AlN	3	2.6	0.2	0.3	+33	+167	-6
33	AlN	3	3.5	0.2	0.3	+6	+10	±0
34	AlN	3	4.0	0.2	0.3	+6	±0	±0

【0080】表2から判るように、No. 22、23は、昇温サイクル後の変化量が大きくなっている。これは、開口部の面積S2の方が底部の面積S1より大きいため、昇温サイクル時に均熱板2と充填材22の熱膨張率の差により充填材22が抜ける方向に変化し、熱電対10の設置に変化が生じているためと考えられる。これに対して、No. 21、24、25は変化量が小さく安定している。これは、開口部の面積S2が底部の面積S1より小さいため、昇温サイクル時の熱膨張差により、充填材が抜ける方向に動きにくいと考えられる。

【0081】なお、図7に示すように前記凹部の底面から開口部の間で部分的に開口部面積より大きな面積を有する部分を形成することにより同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0082】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、セラミックスからなる均熱板の一方の主面をウエハの載置面とし、他方の主面もしくは内部に発熱抵抗体を有するとともに、該発熱抵抗体と電気的に接続される給電部を前記他方の主面に具備してなるウエハ加熱装置において、前記均熱板の他方の主面に開口部断面積1.0mm²～30mm²、深さdが均熱板厚みtに対し $t/4 \leq d \leq 3t/4$ となる凹部を具備し、素線径0.05～1.0mmで、先端部に測温接点を備えた熱電対を上記凹部に挿入し、かつ充填材により接着固定することにより、良好なウエハの温度調整ができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のウエハ加熱装置を示す断面図である。

【図2】本発明のウエハ加熱装置の均熱板を示す平面図である。

【図3】本発明のウエハ加熱装置の熱電対設置部を示す断面図である。

【図4】(a)、(b)は本発明のウエハ加熱装置の熱電対設置部を示す断面図である。

【図5】本発明のウエハ加熱装置の要部拡大断面図である。

【図6】(a)は、比較例のウエハ加熱装置の均熱板凹部を示す断面図であり、(b)は、本発明のウエハ加熱装置の均熱板凹部を示す断面図である。

【図7】本発明のウエハ加熱装置の均熱板凹部の他の実施形態を示す断面図である。

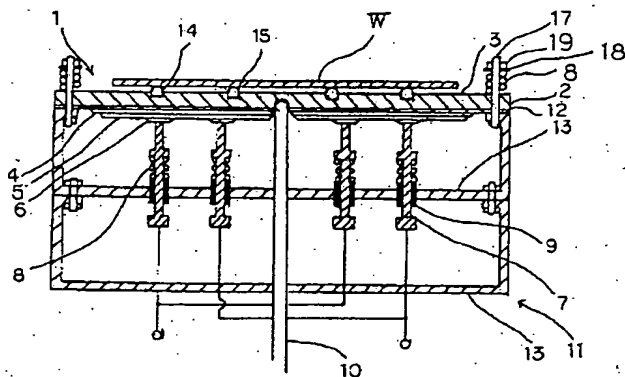
【図8】従来のウエハ加熱装置を示す断面図である。

【図9】従来のウエハ加熱装置の熱電対設置部を示す断面図である。

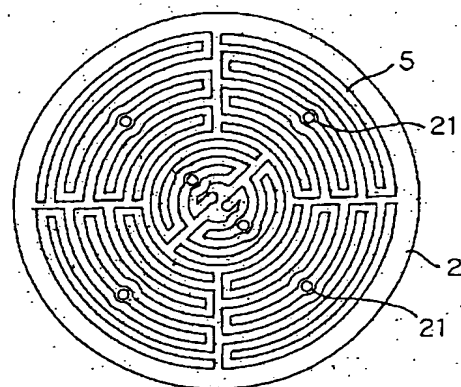
【符号の説明】

- 1：ウエハ加熱装置
- 2：均熱板
- 3：載置面
- 4：絶縁層
- 5：発熱抵抗体
- 6：給電部
- 7：支持体
- 8：弾性体
- 10：熱電対
- 11：充填材
- 21：凹部
- 22：充填材
- 23：凹部
- W：半導体ウエハ
- t：厚み

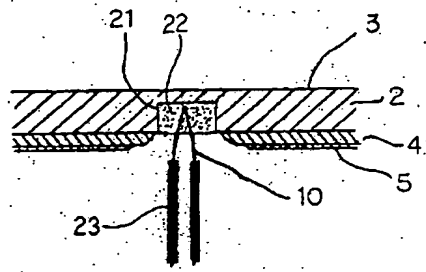
【図1】



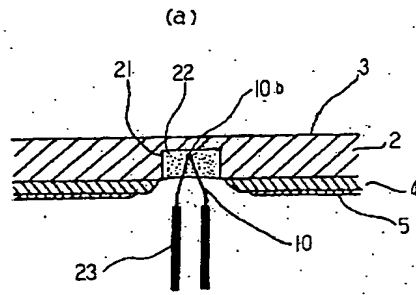
【図2】



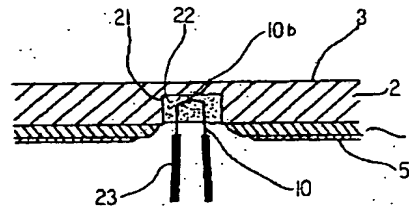
【図 3】



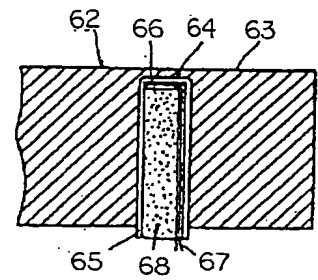
【図 4】



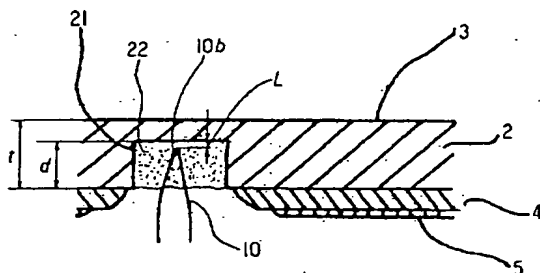
(b)



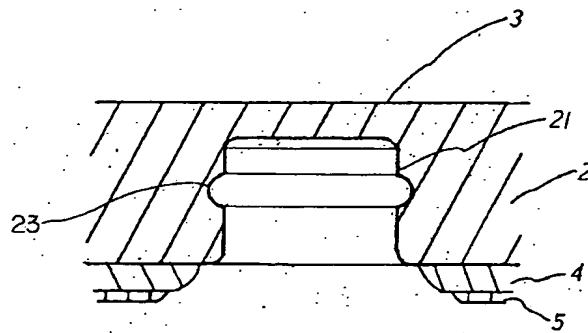
【図 9】



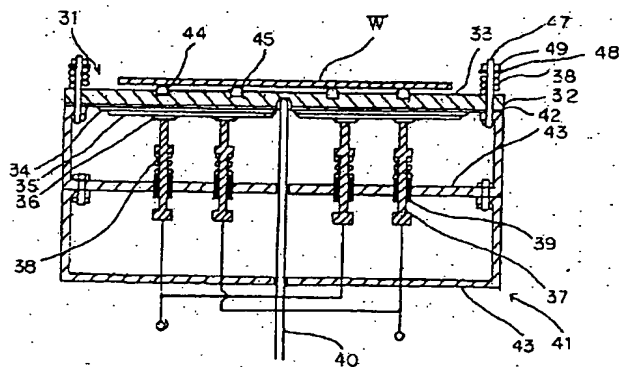
【図 5】



【図 7】



【図 8】



【図 6】

